文章编号:1004-8227(2005)01-0071-05

成都平原土壤铅污染及其评价

谭 婷,王昌全,李 冰,何 鑫,张隆伟,杨 娟
(四川农业大学资源与环境学院,四川 雅安 625014)

摘 要:采用随机布点方法在成都平原采集了 0～20cm 耕层土样及 20～40cm 的底层土样共 98 个。分析了成都平原土壤铅含量状况,同时用地质累积指数法进行了污染程度评价,并对污染土壤的分布规律以及铅在土壤中的迁移进行了探讨。结果表明:成都平原大多数农田土壤已经受到不同程度的铅污染。在 86 个耕层土样中,只有 20 个样点没有受到铅污染。受铅污染的样点中,污染级别为 1～4 级,以 1、2 级为主,属无污染到中污染的过渡状态和中度污染。其中 1 级污染有 33 个样点(占总样点数的 38.4 %),2 级污染有 30 个样点(占总样点数的 34.9 %)。个别样点已接近或达到了强度污染的水平。污染土壤的分布与污染源的位置关系密切,与土壤的理化性质也有一定的关系;铅主要累积在 0～20cm 的耕层土壤,同时也发生了一定的迁移,其数量与土壤理化性质有关。

关键词:成都平原;农田土壤;铅污染;评价
文献标识码:A

铅是主要的污染元素之一,一旦过量,会干扰人体亚铁血红素的合成,影响中枢神经系统、消化道和肾等器官,引起头痛、脑麻痹、失明、智力迟钝和肾功能受损等严重后果[1]。铅还影响植物的光合作用和蒸腾作用强度,对土壤脲酶和转化酶也有较强的抑制作用,长期施用含铅的污泥或污灌,有可能使土壤中氮的转化受到较为严重的影响[2]。

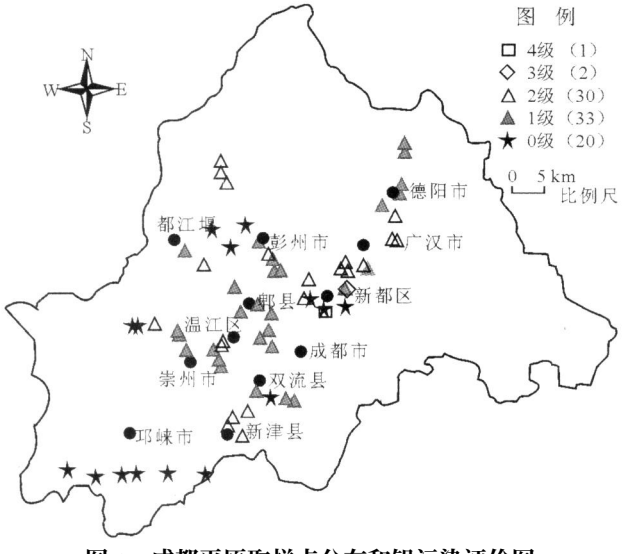


图 1 成都平原取样点分布和铅污染评价图

Fig. 1 Distribution of Soil Samples and Evaluation Grade of Pb in Chengdu Plain

成都平原位于四川盆地西部,北以龙门山麓为界,南止于龙泉山脚下,面积 6 500 km^2。是我国西南部开发较早的地区之一,素享"天府之国"的美誉,是我国著名的农业生产基地。这块富饶的土地处于四川省的中心地带,经济发达,长期的人类活动给土壤环境质量带来了不可小视的影响,尤其是工业"三废"的排放、农药化肥的施用、不合理的耕作制度等,土壤污染逐渐加重,严重制约着农产品产量和品质的提高。为了搞清成都平原铅的污染状况及其分布,给成都平原的农业生产决策提供可靠的依据,有针对性地进行了调查研究。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集

采用随机布点的方式选取德阳、广汉、新都、郫县、彭州、崇州、都江堰、温江、成都、新津、邛崃、双流 12 个县市,在有代表性的农田设采样点 86 个,具体如图 1。共采取 0～20 cm 耕层土样 86 个、20～40 cm 底层土样 12 个,同时用全球定位系统 GPS 对每个采样点进行定位。

1.2 分析测定

土壤的理化性质用常规方法分析,铅全量测定

收稿日期:2003-10-09;**修回日期**:2004-03-01
基金项目:国家教育部重点支持项目(03110)、四川省科技厅"十五"攻关项目、四川省教育厅重点支持项目
作者简介:谭 婷(1976～),女,四川省冕宁人,硕士研究生,主要从事土壤肥力与施肥等方面研究.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用鲁如坤[5,12]《土壤农业化学分析方法》(2000 年)中的方法: $HF-HClO_4-HNO_3$ 消化,原子吸收分光光度计测定。

1.3 评价方法

地质累积指数(Geoaccumulation Index)通常称为 Muller 指数,是 20 世纪 60 年代晚期在欧洲发展起来的广泛用于研究沉积物及其它物质中重金属污染程度的定量指标,它不仅考虑了沉积成岩作用等自然地质过程造成的背景值的影响,同时充分注意了人为活动对重金属污染的影响,因此,该指数不仅反映了重金属分布的自然变化特征,而且可以判别人为活动对环境的影响,是区分人为活动影响的重要参数。其表达公式如下:

$$I_{geo} = \log_2\left[\frac{C_n}{1.5BE_n}\right]$$

C_n 为样品中元素 n 的浓度; BE_n 为背景浓度; 1.5 为修正指数,通常用来表征沉积特征、岩石地质及其它影响。

地质累积指数可分为几个级别,如 Forstner 等(1990)分为 7 个级别,0～6 级表示污染程度由无到极强,最高 1 级(6 级)的元素含量可能是背景值的几百倍,不同的级别也代表着不同的重金属污染程度: $I_{geo} < 0$,污染级别为 0 级,表示无污染; $0 < I_{geo} < 1$,污染级别为 1 级,表示无污染到中度污染; $2 < I_{geo} < 2$,污染级别为 2 级,表示中度污染; $2 < I_{geo} < 3$,污染级别为 3 级,表示中度污染到强污染; $3 < I_{geo} < 4$,污染级别为 4 级,表示强污染; $4 < I_{geo} < 5$,污染级别为 5 级,表示强污染到极强污染; $I_{geo} > 5$,污染级别为 6 级,表示极强污染[6]。

2 结果与讨论

2.1 土壤重金属铅含量状况

用 GB15618-1995《土壤环境质量标准》二级标准进行污染程度评价[14],86 个样点中只有 1 个样点超标,但用一级标准进行评价,大多数样点已超标。表 1 是成都平原土壤铅的含量状况及其用 GB15618-1995《土壤环境质量标准》中一级标准进行污染程度评价所得的超标点情况。从表中可以看出:新津、温江、新都铅含量最高,其次是广汉,双流、邛崃含量最低;77.9 %的样点已超过国家一级标准,超标的样点地区分布不均,有一半地区样点全部超过国家一级标准,一些地区绝大多数样点超过国家一级标准,污染程度将在后面进行评价;土壤样品铅含量的变异系数地区之间差异较大,说明各地受人类活动的影响程度不同,其中新都的变异系数最大,都江堰、彭州次之,新津最小。

表 1 成都平原土壤铅含量状况

Tab.1 Contents of Pb in Soil in Chengdu Plain

项目	新都	郫县	成都	崇州	都江堰	德阳	新津	温江	彭州	广汉	双流	邛崃
含量范围 (mg/kg)	20.19～267.86	57.14～73.42	48.64～70.82	24.72～84.53	21.10～73.59	53.93～91.88	88.11～98.44	87.54～102.32	21.72～78.45	69.16～96.60	23.98～46.69	15.51～34.07
平均值 (mg/kg)	92.82	66.94	59.73	52.58	49.31	64.81	94.58	93.57	53.06	86.88	36.56	24.48
标准差	76.16	5.96	15.68	19.43	26.46	10.19	4.07	7.75	23.97	8.14	9.12	6.83
变异系数	82.05	8.9	26.3	37.0	53.7	15.7	4.3	8.3	45.2	9.4	24.95	27.9
超标点数	11	5	2	7	2	10	5	3	6	11	5	0
超标率 %	73.3	100	100	77.8	66.7	100	100	100	66.7	100	62.5	0

2.2 土壤铅污染评价

采用地质累积指数法评价重金属污染程度时,首先要选取基准浓度值。本文选取第二次土壤普查①所测定的铅的背景值作为评价的基准浓度值,成都、德阳、新津、广汉和邛崃以背景值的平均值作为评价的基准浓度。计算得到研究区土壤铅的地质累积指数和由地质累积指数分级标准得到的污染级别如表 2 所示。将其进一步整理得到成都平原铅污染分布状况,具体如图 1 所示。可以看出:成都平原土壤大多数已经不同程度地被铅污染。在所采集的

① 成都市土壤普查成果资料编辑委员会. 成都土壤. 成都市农牧局,1993. 245.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

86 个样点中,只有 20 个点(占总样点的 23.3 %)没有受到铅污染。

受污染的土壤中,污染级别为 1～4 级,以 1、2 级为主,属无污染到中污染的过渡级和中度污染,两种污染级别分别有 33 个样点(占总样点数的 38.4 %)和 30 个样点(占总样点数的 34.9 %)。值得注意的是,有个别样点已接近或达到了强污染的级别,说明其已经受到了严重污染,应引起足够的重视;从不同的行政区域来看,各地区污染状况差异较大。新都区污染较严重,在 15 个样点中有 73.3 %的点受到了铅污染,其中 20 %的样点处于无污染到中度污染的过渡阶段,33.3 %的点已达到了中度污染,13.3 %的点是中污染到强污染的过渡状态,6.7 %的点达到了强度污染的水平。其次是广汉、新津、温江。广汉 90.9 %的土壤已经达到了中度污染的水平,新津、温江全部样点均达到中度污染水平,彭州有 44.4 %的点处于中度污染的状态。德阳、郫县、成都、崇州、双流的绝大多数点是从无污染到中度污染的过渡状态,污染程度较轻。

表 2　成都平原铅的 I_{geo} 和污染级别

Tab. 2　I_{geo} and Pollution Grade of Pb in Chengdu Plain

样号	I_{geo}	级别	样号	I_{geo}	级别	样号	I_{geo}	级别	样号	I_{geo}	级别
XD01	2.49	3	CZ01	0.94	1	XJ01	1.45	2	GH06	1.41	2
XD02	0.40	1	CZ02	0.78	1	XJ02	1.29	2	GH07	1.24	2
XD03	2.83	3	CZ03	0.07	1	XJ03	1.43	2	GH08	1.13	2
XD04	- 0.67	0	CZ04	- 0.25	0	XJ04	1.38	2	GH09	1.24	2
XD05	3.06	4	CZ05	- 0.5	0	XJ05	1.41	2	GH10	1.21	2
XD06	- 0.31	0	CZ06	1.27	2	WJ01	1.41	2	GH11	0.94	1
XD07	- 0.26	0	CZ07	0.79	1	WJ02	1.24	2	SL01	- 0.17	0
XD08	1.59	2	CZ08	0.47	1	WJ03	1.18	2	SL02	0.11	1
XD09	1.38	2	CZ09	0.82	1	PZ01	0.81	1	SL03	- 0.47	0
XD10	- 0.50	0	DJ Y01	- 0.78	0	PZ02	1.36	2	SL04	- 0.72	0
XD11	1.76	2	DJ Y03	0.55	1	PZ03	1.07	2	SL05	- 0.57	0
XD12	1.56	2	DJ Y03	1.02	2	PZ04	1.37	2	SL06	0.18	1
XD13	1.31	2	DY01	0.72	1	PZ05	1.36	2	SL07	0.15	1
XD14	0.91	1	DY02	0.76	1	PZ06	- 0.12	0	SL08	0.24	1
XD15	0.77	1	DY03	0.77	1	PZ07	0.81	1	QL01	- 0.08	0
PX01	0.77	1	DY04	0.87	1	PZ08	- 0.46	0	QL02	- 0.24	0
PX02	0.87	1	DY05	0.81	1	PZ09	- 0.49	0	QL03	- 0.55	0
PX03	0.76	1	DY06	0.82	1	GH01	1.35	2	QL04	- 0.85	0
PX04	0.77	1	DY07	0.76	1	GH02	1.25	2	QL05	- 0.7	0
PX05	0.51	1	DY08	0.58	1	GH03	1.42	2	QL06	- 1.22	0
CD01	0.98	1	DY09	0.90	1	GH04	1.31	2			
CD02	0.43	1	DY10	1.35	2	GH05	1.40	2			

2.3　表土与底土之间铅含量差异性分析

表 3 是成都平原表土与底土铅含量的比较,用独立样本 t 检验对其进行差异显著性检验,显著性水平为 $P < 0.2$,计算得到 $t = 1.522$ * $(n = 22)$,说明表土与底土铅含量差异达到了显著性水平。结合表 2 的评价结果可知,大多数样点已不同程度地受到了外来铅污染,由底土与背景值的比较可以看出,不同样点铅的移动有所不同。XD01、XD03 采自新都县三河镇,受四川化工厂污染严重,表层土壤铅含量较高,同时有一定数量的铅移动到底层土壤;GH05、GH06 采自广汉市向阳镇,有一定程度的水污染和粉尘污染,表层和底层土壤铅含量均较高,且表层只略高于底层,铅的迁移量相对较大;SL06 取自双流县华阳镇,其土壤铅含量偏高,这可能与其附近工厂众多有关,SL07 取自双流县东升镇,其土壤铅含量偏高且表层明显高于底层,这可能与其附近

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

工厂众多加之位于飞机场附近有一定的关系;XD04 取自新都县泰安镇毗河边的沙田,附近无污染,土壤结构性较差,铅有一定量的流失。

表 3 表土与底土铅含量的异同(mg/kg)

Tab.3 Difference of Pb Between the Topsoil and Bottom-soil

深度(cm)	XD01	XD02	XD03	XD04	XD06	CD02	GH05	GH06	SL01	SL02	SL06	SL07
0～20	180.84	42.50	227.74	20.19	25.97	48.64	94.91	95.69	35.11	42.61	44.78	43.98
20～40	57.65	21.97	60.46	19.48	22.24	17.90	91.35	79.46	35.35	30.11	44.09	32.71
背景值	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	24	24	24	26.4	26.4	26.4	26.4

2.4 铅污染原因分析

2.4.1 壤铅含量与土壤理化性质的关系 研究表明,重金属 Pb、Cr、Cd 等元素在不同的土壤颗粒中分布迥异。重金属含量在 > 0.25 mm 的粗颗粒和 < 0.002 mm 的细颗粒中较高[4]。为了探索成都平原铅含量与土壤理化性质的关系,从而间接了解土壤理化性质对铅累积量的影响,进行了表层土样铅含量与土壤理化性质的相关分析,结果如表 4。从表中可以看出,铅与土壤中粘粒的百分含量呈显著的正相关,与其它粒径没有显著的相关关系,说明河流冲积物类型与分布对铅的累积具有一定的影响,同时也可能与成都平原污染源的分布有关。粘粒的作用机制可能降低了重金属的移动性,使其主要停留在表层。与团聚度呈显著的正相关关系,说明良好的土壤结构可以减少重金属的迁移。

表 4 铅与土壤理化性质之间的关系

Tab.4 Relation of Pb and the Physical and Chemical Character of Soil

项 目	砂粒 %	物粘 %	粘粒 %	粗粉 %	中细粉 %	团聚度
皮尔逊相关系数	-0.149	0.176	0.257*	-0.008	-0.140	0.231*
显著性水平(双侧)	0.177	0.109	0.018	0.940	0.205	0.038
例数	84	84	84	84	84	81

注:表中 * 表示相关关系显著

2.4.2 铅污染与污染源的关系 由地质累积指数的评价结果及其上下层土样铅含量的差异性来看,各地区的污染状况差异较大,这与污染源的分布是息息相关的。

成都是四川省最大的都市,也是主要的工业区之一。2000 年工业总产值达到 1 380 亿万元,2001 年增至 1 580 亿万元,仅 2001 年四川省工业废水中铅排放量就达 5.49 t[11],2002 年就达 13.1 t[15]。1984～1988 年短短的 4 年间新都的重污染乡镇企业就由 61 个猛增到 350 个,增加了 4.7 倍[13]。可见工业"三废"的排放给成都平原土壤环境带来了巨大的压力,是造成成都平原土壤铅污染的重要原因之一。

研究表明:公路两侧由于汽车等排放的废气等,土壤表层 Pb 含量相对较高[7]。Rahmani 的研究表明,距公路远,Pb 含量逐渐降低,随土层的加深,Pb 含量急剧降低,Pb 主要保留在土壤表层,其含量与交通工具密切相关[8]。Pagotto 等的研究发现,在公路附近土壤中有 Pb、Zn、Cd 的积累,且随着距离的增大和土壤深度的增加而降低[9]。被 Pb 冶炼厂的废弃物污染的土壤中,重金属含量明显高于规定标准,一般来说,沿着河流走,距污染源越远,重金属含量越低[10]。王斌研究了成都 - 新都大件路边 50m 内的土壤,发现公路两侧土壤中铅的含量与到公路边沿的距离符合高斯衰减分布模型,且土壤中 99 % 以上的铅累积分布在 50 m 的范围内[3]。可见,交通工具的使用也是铅污染的重要来源之一,个别样点又取自交通干线附近,土壤受到污染甚至出现个别样点污染较严重是不可避免的。

3 小 结

由于长期以来的人类活动的影响,成都平原农田土壤已经受到不同程度的铅污染,其分布与污染源关系密切,与土壤的理化性质也有一定的关系。铅主要累积在 0～20 cm 的耕层土壤,但也发生了一定的移动,其数量与土壤的理化性质有关。因此,必须采取适当的措施控制污染的进一步加深和对土壤进行必要的改良,以降低重金属污染所带来的负效应,只有这样,才能保证成都平原实现农业生产的可持续发展,从而带动四川经济的飞跃。

参考文献:

[1] 张 辉. 污染生态学[M]. 呼和浩特:内蒙古大学出版社,

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2000.90.

[2] 夏立江,王宏康.土壤污染及其防治[M].上海:华东理工大学出版社,2001.67.

[3] 王　斌,丁桑岚.公路两侧土壤中铅的分布规律研究[J].重庆环境科学,1998,**2**(4):53～55.

[4] 李恋卿,潘根兴,张平究,等.太湖地区水稻土颗粒中重金属元素的分布及其对环境变化的响应[J].环境科学学报,2001,**22**(5):607～612.

[5] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.13～14,477～479,482～483,487～492.

[6] 滕彦国,庹先国,倪师军,等.应用地质累积指数评价攀枝花地区土壤重金属污染[J].重庆环境科学,2002,**24**(4):25～28.

[7] Turer D,Maynard J B,Sansalone J J. Heavy metal contamination in soils of urban highways:comparison between runoff and soil concentrations at Cincinnati,Ohio[J]. Water,Air,and Soil Pollution,2001,**132**(3～4):293～314.

[8] Rahmani H R, Kalbasi M,Hajrasuliha S. Lead-polluted soil along some Iranian highways[J]. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources,2001, **4**(4):31～42.

[9] Pagotto C, Remy N, Legret M,et al. Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway[J]. Environmental Technology,2001, **22**(3): 307～319.

[10] Mikanova O, Kubat J, Mikhailovskaya N,et al. Influence of heavy metal pollution on some soil-biological parameters in the alluvium of the Litavka river[J]. Rostlinna Vyroba, 2001,**47**(3):117～122.

[11] 四川省统计局.四川统计年鉴-2002[Z].北京:中国统计出版社,2002.224,472.

[12] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1998.36～36.

[13] 四川省农牧厅,四川土壤普查办公室.四川土壤[M].成都:四川科学技术出版社,1997.612.

[14] 滕彦国,倪师军,张成江,等.攀枝花地区不同工业区表层土壤中重金属分布的特征[J].物探化探计算技术,2002,**24**(3):254～257.

[15] 四川省统计局.四川统计年鉴—2003[Z].北京:中国统计出版社,2003.504.

POLLUTION AND EVALUATION OF Pb IN SOIL IN CHENGDU PLAIN

TAN Ting,WANG Chang-quan,LI Bing,HE Xin,ZHANG Long-wei,YANG Juan

(Resources and Environment College,Sichuan Agriculture University Ya'an 625014, China)

Abstract: Ninety eight soil samples of 0～20 cm topsoil and 20～40 cm bottom-soil were taken from Chengdu Plain by random method. The contents of Pb in these samples were detected. The Geoaccumulation Index was used to evaluate heavy metal contamination degree. The distributions of polluted soil and the mobility of Pb were discussed. The results show that most of the cropland soil was polluted. Only 20 samples were not polluted among the 86 samples of 0～20 cm topsoil. Among the polluted soil samples, the contamination grade is from 1 to 4, the grade of 1 and 2 is the major one, and they belong to the state of low-medium and medium contamination grade. Each of the two major grades has 30 soil samples (accounting for 38.4% of the total soil samples). Few samples has reached intense contamination degree. The distribution of the polluted soil was tightly contacted with the pollution source, and closed to the physical and chemical characters of soil in some degree; Pb was mostly accumulated in 0～20cm topsoil, and mobilized in the soil. The quantity was closed to the physical and chemical characters of the soil.

Key words: Chengdu Plain; cropland soil; Pb pollution; evaluation

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net